

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ В.А. Кулагин  
подпись  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

140100.62.00.03 – Промышленная теплоэнергетика

Перевод котельной на альтернативное топливо

Руководитель \_\_\_\_\_ канд. физ. мат. наук Е.Б. Истягина  
подпись, дата

Выпускник \_\_\_\_\_ Е.А. Бобровский  
подпись, дата

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ Е.Б. Истягина  
подпись, дата

Красноярск 2016

Федеральное государственное  
автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
Кафедра: ТТиГГД

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_В.А. Кулагин  
\_\_\_\_\_ 2016 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**В форме бакалаврской работы**

Студенту Бобровскому Евгению Алексеевичу  
Группа ЗФЭ 11-02Б Специальность 140100.62.00.03 Промышленная  
теплоэнергетика  
Тема 1

Утверждена приказом №  
Руководитель ВКР Истягина Е.Б. доцент кафедры ТТиГГД

Исходные данные для ВКР

1. Населенный пункт - пгт. Туим;
2. Рабочий состав используемого и предлагаемого топлива;

3. Температурный график 150/70;
4. Система теплоснабжения – закрытая

#### Перечень рассматриваемых разделов ВКР

1. Определение тепловой нагрузки поселка;
2. Выбор вида теплоносителя и определение его расхода;
3. Основное и вспомогательное оборудование котельной;
4. Удаление шлака, золы и топливоподача;
5. Водоподготовка;
6. Охрана окружающей среды;
7. Автоматическое регулирование;
8. Предлагаемые конструктивные изменения

#### Перечень графического или иллюстративного материала с указанием основных чертежей, плакатов:

1. Поперечный разрез котла КЕВ–25–14-115(150)
2. Бункер для топлива;
3. Конвейер винтовой;
4. Схема сухого скреперного удаления шлака и золы;
5. График расхода топлива;
6. Графики объемов выбросов вредных веществ.

## **КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК**

### **Работы над проверкой на весь период проектирования (с указанием сроков выполнения и трудоемкости поэтапно)**

19.04.16 Получение задания у руководителя.

28.04.16 Обзор литературы.

12.05.16 Подбор материала.

18.05.16 Расчет основной части материала.

25.05.16 Выполнение чертежей.

27.05.16 Расчет технических показателей.

01.06.16-05.06.16 Работа над разделом “Безопасность проектируемого объекта”

02.06.16-06.06.16 Оформление пояснительной записки.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 Определение тепловой нагрузки поселка.....	10
1.1 Исходные данные для расчета тепловой нагрузки поселка.....	13
2 Определение расхода теплоносителя.....	16
2.1 Определение расхода воды на весь поселок.....	18
3 Оборудование котельной.....	19
3.1 Чертежи котельного агрегата КЕВ-25-14-115(150).....	20
3.2 Дополнительное оборудование котельной.....	24
4 Удаление шлака, золы и топливоподача.....	26
4.1 Удаление золы и шлака.....	26
4.2 Оборудование для удаления золы и шлака.....	27
4.3 Подача топлива.....	27
5 Химическая очистка и подготовка питательной воды для котла.....	29
5.1 Нормы качества воды.....	29
5.2 Оборудование химической водоочистки на котельной.....	30
6 Охрана окружающей среды.....	30
7 Расчет расхода топлива, объема теоретического количества воздуха и продуктов сгорания, при сжигании бурого угля.....	31
7.1 Расчет выбросов вредных веществ.....	34
7.2 Расчет высоты дымовой трубы.....	36
7.3 Расчет расхода топлива, объема теоретического количества воздуха и продуктов сгорания, при сжигании альтернативного топлива (пеллет)...	40
7.4 Расчет выбросов вредных веществ.....	43

8 Автоматическое регулирование процесса работы котлов.....	46
8.1 Тепловой контроль.....	46
8.2 Автоматическое регулирование.....	47
8.3 Тепловая защита.....	48
8.4 Электрощиты КИП.....	48
9 Предлагаемые конструктивные изменения.....	48
9.1 Выбор склада-хранилища для пеллет.....	49
9.2 Выбор дутьевого вентилятора.....	49
9.3 Выбор дымососа.....	50
Заключение.....	52
Список используемых источников .....	54

## ВВЕДЕНИЕ

Для экономии энергетических ресурсов, а также для уменьшения загрязнения окружающей среды - необходимо использовать возобновляемые виды топлива, которыми может быть древесное топливо, био-топливо и другие. Одним из таких видов топлива могут быть пеллеты

При сжигании твердого топлива в виде бурых и каменных углей на котельных образуются продукты сгорания, в которых содержатся: летучая зола, частички несгоревшего пылевидного топлива, серный и сернистый ангидрид, оксид азота, газообразные продукты неполного сгорания. Поэтому хотя бы частичная замена угля на более - экологическое топливо представляется весьма актуальной.

В данной работе поставлены следующие задачи. Определить тепловую нагрузку для отопления и теплоснабжения поселка; произвести замену твердого топлива на древесное; определить расход топлива; рассчитать основное и вспомогательное оборудование котельной; экономически обосновать предлагаемую замену.

Пеллетное топливо является одним из путей создания экологического производства. Сырьём для пеллет служат: опилки, стружка, горбыль, некачественная древесина, кора (лесопилки просто выбрасывают сырье), а также отходы сельского хозяйства (солома, костра льна и торф). Пеллеты экологически чистый материал, так как, в отличие от угольного топлива, выдают в атмосферу ровно столько CO<sub>2</sub>, сколько впитало дерево во время роста. Зола - образующаяся при сжигании пеллетных гранул составляет, как правило, до 1% по массе, причем ее можно использовать как удобрение.

Всего в мире по статистике Faostat в 2013 году произведено около 21629 тыс. тонн топливных гранул, рост за год составил 9%. Интересно отметить, что производство древесных топливных гранул (пеллет) увеличилось более чем в 10 раз за последнее десятилетие, главным образом, благодаря увеличению

спроса в секторе биотоплива в Европе. Так, например, по итогам 2002 году мировое производство древесных топливных гранул составило всего 2 миллиона тонн против 21,7 млн. тонн в 2013 году.

Выгодно использовать пеллеты в западной части России, которая удалена от угольных разрезов.

Низшая теплота сгорания составляет  $Q_n=20$  МДж/кг, что сопоставимо с низшей теплотой сгорания бурого угля 26-32 МДж/кг, каменного угля 32–37 МДж/кг и антрацита 34–36 МДж/кг. Поэтому пеллеты могут конкурировать с этими видами топлива. Преимущества пеллет перед другими видами топлива следующие:

- перед газом: высокая пожаро и взрывоопасность газа, тяжелая и дорогая процедура согласования, подключения и получения лимитов;

- перед электричеством: высокая стоимость электроэнергии, практическая невозможность подключения нужной мощности;

- перед углем: сжигание угля нельзя автоматизировать, в дымовых газах очень большое содержание серы (до 100 раз больше) и оксидов азота, необходимость утилизировать шлак, достигающих 40% от массы угля, низкий КПД котлов;

- перед дровами: невозможность автоматизировать сжигание дров, нужно много площади для хранения, низкий КПД котлов;

- перед мазутом: высокая стоимость, практическая невозможность применения в малых котлах, необходимость разжижения в холодное время года, до 100 раз больше содержание серы в дымовых газах.

Одним из преимуществ этого топлива является то, что при его сжигании можно использовать и твердотопливные котлы, которыми оборудованы отопительные котельные, что существенно сокращает затраты на переоборудование и перевод на новое топливо.

В последнее время расширяется выпуск оборудования, использующий пеллетное топливо. Thermia Värme AB (Швеция), Heizomat GmbH (Германия),



Nolting Holzfeuerungstechnik GmbH (Германия), ZOTA "Pellet"(Германия), АО Komforts (Латвия), MegaKone (Финляндия), D'Alessandro (Италия), Grandeg (Латвия), СТАРТ (Россия).

Целью моей работы является технико-экономическое и экологическое обоснование замены угля на отопительной котельной на пеллетное топливо, а также расчет уменьшения экологического ущерба, связанного с использованием древесного топлива вместо угля.

## **1 Определение тепловой нагрузки поселка**

По тепловым сетям подается теплота различным тепловым потребителям. Несмотря на значительное разнообразие тепловой нагрузки, ее можно разбить на две группы по характеру протекания во времени: сезонная нагрузка и круглогодичная нагрузка.

Сезонные потребители - используют тепло не круглый год, а только в течение какой-то его части (сезона), при этом расход тепла и его изменения по времени зависят главным образом от климатических условий: температуры наружного воздуха, направления и скорости ветра, солнечного излучения, влажности воздуха и т. п. Основную роль играет наружная температура.

К сезонным потребителям относятся: отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Основная задача отопления заключается в поддержании внутренней температуры помещений на данном уровне. Расход тепла в течение суток у сезонных потребителей меняется относительно мало, что объясняется небольшим, обычно суточным изменением температуры наружного воздуха и большой теплоаккумулирующей способностью здания. Поэтому сезонная нагрузка имеет сравнительно постоянный суточный график и переменный годовой график.

Круглогодичные потребители - используют тепло в течении всего года. К круглогодичной нагрузке относятся технологическая нагрузка и горячее водоснабжение. Исключением являются только некоторые отрасли промышленности, главным образом связанные с переработкой сельскохозяйственного сырья, работа которых имеет сезонный характер. График технологической нагрузки зависит от профиля производственных предприятий и режима их работы, а график нагрузки горячего водоснабжения - от благоустройства жилых и общественных зданий, состава населения и распорядка его рабочего дня, а также от режима работы коммунальных предприятий - бань, прачечных.

Технологическая нагрузка и горячее водоснабжение в отличие от сезонной нагрузки весьма слабо зависят от наружной температуры, и имеют переменный суточный график. Параметры и расход теплоты для технологических нужд зависят от характера технологического процесса, типа производственного оборудования, общей организации работы и т. д. Усовершенствование и рационализация технологического процесса могут вызвать коренные изменения в размере и характере тепловой нагрузки.

При проектировании системы теплоснабжения населенного пункта, условного поселка «Туим» необходимо определить тепловую нагрузку, необходимую для данного района, т. е. тепловую нагрузку санитарно-бытовых потребителей.

К санитарно-бытовым потребителям относятся потребители, которым тепло необходимо для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. В данном дипломном проекте расчет произведен по укрупненным показателям.

Расход тепла на отопление, Вт:

$$Q_0 = q_0 \cdot V_H \cdot (t_{в.р} - t_{н.о}) \quad (1.1)$$

где  $q_0$  - удельная отопительная характеристика, Вт/м<sup>3</sup>К (таблица 1);

$V_H$  - объем проектируемого здания по наружному обмеру, м<sup>3</sup>;

$t_{в.р}$  - расчетная температура отапливаемых зданий, °С (таблица 1);

$t_{н.о}$  - расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, °С [1].

Расход тепла на вентиляцию, Вт:

$$Q_B = q_B \cdot V_H \cdot (t_{в.р} - t_{н.о}), \quad (1.2)$$

где  $q_B$  - удельная вентиляционная характеристика, Вт/м<sup>3</sup>К (таблица 1);

$V_H$  - объем проектируемого здания по наружному обмеру, м<sup>3</sup>;

$t_{в.р}$  - расчетная температура отапливаемых зданий, °С (таблица 1);

$t_{н.в}$  - расчетная температура наружного воздуха для проектирования вентиляции, °С [1].

Расход тепла на горячее водоснабжение, Вт:

$$Q_{ГВС} = \frac{m \cdot q \cdot c \cdot (t_r - t_x)}{p \cdot 3.6}, \quad (1.3)$$

где  $m$  - число потребителей горячей воды, чел.;

$c$  - удельная теплоемкость воды, Дж/кг\*К, ( $c$ — 4186 Дж/кг\*К)

$q$  - удельный расход горячей воды на одного потребителя, л/сутки, (таблица 1);

$p$  - число часов использования максимума нагрузки, час, (таблица 1);

$t_r$  - температура горячей воды перед водоразборными приборами, °С, (принимается 60 °С) [1]

$t_x$  - температура холодной воды, °С, (при отсутствии фактических данных ее задают равной 5 в зимнее и 15 °С в летнее время) [1].

Объем здания по наружному обмеру, м3:

$$V_H = \frac{V_H^{\text{табл}} \cdot m_H}{1000} \quad (1.4)$$

где  $V_H^{\text{табл}}$  - объемный показатель, 1000 чел.м3 (таблица 1);

$m_H$  — количества жителей поселка - 17500 человек.

Определяем число потребителей горячей воды  $m$  , чел:

$$m = \frac{m^{\text{табл}} \cdot m_H}{1000} \quad (1.5)$$

где  $m^{\text{табл}}$  - число потребителей горячей воды на 1000 человек (таблица 1), [1];

$m_n$  - количества жителей поселка.

Тепловая нагрузка по всем категориям зданий определяется на основании таблицы 1. Определив расходы тепла на отопление поселка  $\sum Q_0$ , на вентиляцию  $\sum Q_v$ , на горячее водоснабжение  $\sum Q_{гвс}$ , определяется суммарная тепловая нагрузка поселка.

Суммарная тепловая нагрузка поселка  $\sum Q_{\text{пос}}$ , Мвт, определяется по формуле:

$$\sum Q_{\text{пос}} = \sum Q_0 + \sum Q_v + \sum Q_{гвс} \quad (1.6)$$

### **1.1 Исходные данные для расчета тепловой нагрузки поселка:**

- условный поселок «Туим»;
- количество жителей поселка – 17500 человек;
- вид системы теплоснабжения – закрытая;
- продолжительность отопительного периода – 235 суток;
- самая низкая температура за пять дней,  $t_{н.о} = -35^{\circ}\text{C}$ ;
- средняя, самого холодного месяца,  $t_{н.о} = -35^{\circ}\text{C}$ ;
- средняя, за отопительный период,  $t_{н.о} = -35^{\circ}\text{C}$ ;
- температура начала отопительного сезона,  $t_{н.о} = +8^{\circ}\text{C}$ ;

Все остальные значения необходимые для определения тепловой нагрузки поселка сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Исходные данные для определения тепловой нагрузки поселка

№п/п	Категория здания	Объемный показатель на 1000 чел. м <sup>3</sup>	Число потребителей горячей воды на 1000 чел.	$t_{в.н}$ °С	$q_v$ Вт /м <sup>3</sup> · К	$q_o$ Вт /м <sup>3</sup> · К	Р Час	q л/сут ки
1	Жилые дома	$47.63 \cdot 10^3$	m жителей	20	-	0.302	10	100
2	Административные здания	760	5	16	0.093	0.44	5	25
3	Гостиницы	620	5	18	-	0.44	10	100
4	Кинотеатры	750	50	16	0.27	0.407	5	4
5	Столовая	1000	50	16	0.81	0.407	5	25
6	Детские сады	1250	50	20	0.12	0.395	5	25
7	Детские ясли	500	25	20	0.13	0.44	10	25
8	Школы	3000	200	20	0.08	0.383	2	7
9	Больницы	600	5	20	0.326	0.419	12	100
10	Бани	450	10	27	1.16	0.326	15	90
11	Температурный график 150/70.							

На основании данной таблицы определяется тепловая нагрузка по всем критериям зданий.

Расход тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение определяется по всем категориям зданий отдельно, и затем находится суммарная тепловая нагрузка по каждому параметру, все значения сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Расход тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение

Тип здания	Объем здания по наружному обмеру $V_H$ м <sup>3</sup>	Число потребителей горячей воды $m$ , чел:	Расход тепла на отопление $Q_0$ , МВт	Расход тепла на вентиляцию $Q_v$ , МВт	Расход тепла на горячее водоснабжение $Q_{ГВС}$ , МВт
Жилые дома	714450	17500	16.219	0	8.73
Адм. здания	10500	75	0.277	0.046	0.021
Гостиницы	7500	75	0.204	0	0.44
Кинотеатры	11250	750	0.274	0.143	0.218
Столовая	15000	750	0.366	0.571	0.034
Дет.сад	18750	750	0.474	0.114	0.218
Ясли	7500	375	0.211	0.049	0.054
Школы	45000	3000	1.103	0.183	0.611
Больницы	9000	75	0.241	0.149	0.036
Бани	6750	150	0.156	0.454	0.052
			$\sum Q_0$	$\sum Q_v$	$\sum Q_{ГВС}$

Определим суммарный расход тепла на поселок, МВт:

$$\sum Q_{\text{пос}} = 19.525 + 1.711 + 10.02 = 31.256$$

В результате расчета определена тепловая нагрузка проектируемого поселка, то есть расход тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение.

Нагрузка составила 31.256 МВт.

## **2 Определение расхода теплоносителя**

Теплоноситель - это вещество, участвующее в процессе теплообмена между различными веществами в теплообменных аппаратах.

Теплоноситель должен иметь: высокий коэффициент теплоотдачи; высокую температуру кипения при атмосферном давлении; малую вязкость, для снижения затрат для транспортировки; малую стоимость и доступность в местных ресурсах; взрывопожарную безопасность; не токсичность; малый удельный объем для снижения сечения газопроводов.

Теплоноситель должен также иметь достаточно большую теплоту парообразования, плотность и теплоемкость. Иметь необходимую термостойкость и не оказывать неблагоприятного воздействия на материал аппаратуры. Теплоносители должны быть химически стойкими и неагрессивными, даже при достаточно длительном воздействии высоких температур.

В данном дипломном проекте выбранным видом теплоносителя является вода.

К недостаткам можно отнести:

большой расход электроэнергии на перекачку;

большая чувствительность и аварии, при утечках воды из системы, что является причиной остановки системы;

большая плотность теплоносителя и жесткая гидравлическая связь между всеми точками системы.

Расход воды на отопление поселка, кг/с:



$$G_0 = \frac{Q_0}{c \cdot (\tau_{пр} - \tau_0)}, \quad (2.1)$$

где  $Q_0$  - суммарная тепловая нагрузка на отопление, Вт;

$c$  - теплоемкость воды, кДж/кгК;

$\tau_{пр}$  - температура воды в подающей магистрали  $^{\circ}\text{C}$  (таблица 1);

$\tau_0$  - температура воды в обратной магистрали  $^{\circ}\text{C}$  (таблица 1)

Расход воды на вентиляцию, кг/с:

$$G_B = \frac{Q_B}{c \cdot (\tau_{пр} - \tau_0)}, \quad (2.2)$$

где  $Q_B$  - суммарная тепловая нагрузка на вентиляцию, Вт;

Расход воды на горячее водоснабжение  $G_{ГВС}, \frac{\text{кг}}{\text{с}}$ , определяется по формуле:

$$G_{ГВС} = \frac{Q_{ГВС}}{c \cdot (\tau_{пр} - \tau_0)}; \quad (2.3)$$

где  $Q_{ГВС}$  - суммарная тепловая нагрузка на ГВС, Вт.

Определив расходы воды на отопление, вентиляцию, на горячее водоснабжение, определяется суммарный расход воды на поселок.

Суммарный расход воды на поселок, МВт:

$$\Sigma G_{\text{пос}} = \Sigma G_0 + \Sigma G_B + \Sigma G_{ГВС} \quad (2.4)$$

Расход воды на поселок для определения погрешности, кг/с;

$$G_{\text{пос}} = \frac{\Sigma G_{\text{п}}}{c \cdot (\tau_{пр} - \tau_0)}, \quad (2.5)$$

Погрешность при нахождении расхода воды на поселок, %

$$\Delta G = \frac{\Sigma G - G_{\text{пос}}}{\Sigma G} \cdot 100; \quad (2.6)$$

## 2.1 Определение расхода воды на весь поселок

Расход воды на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение определяется по всем категориям зданий отдельно, и затем находится суммарный расход воды по всем параметрам, все значения сведены в таблицу 3.

Таблица 3 - Расход воды на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение

Тип здания	Расход воды на отопление $G_o$ , кг/с	Расход воды на вентиляцию $G_v$ , кг/с	Расход воды на ГВС $G_{гвс}$ , кг/с
Жилые здания	40,923	0	26,042
Адм. здания	0,827	0,137	0,065
Гостиницы	0,61	0	0,13
Кинотеатры	0,819	0,426	0,651
Столовые	1,093	1,704	0,104
Дет. сад	1,414	0,342	0,651
Дет. ясли	0,63	0,148	0,162
Школы	3,29	0,548	1,8
Больницы	0,72	0,446	0,108
Бани	0,466	1,355	0,156
Итого	$G_o = 50.792$	$G_v = 5,106$	$G_{гвс} = 29,869$

Определим суммарный расход воды на поселок, кг/с:

$$\Sigma G_{\text{пос}} = 50,792 + 5,106 + 29,869 = 85,767.$$

Расход воды на поселок, кг/с:

$$G_{\text{пос}} = \frac{28.845 \cdot 10^6}{4190 \cdot (150 - 70)} = 86.053.$$

Определим погрешность при нахождении расхода воды на поселок, %:

$$\Delta G = \frac{85.767 - 86.053}{85.767} \cdot 100 = 0.33.$$

Количество воды в размере 87 кг/с принимаем для подачи по тепловым сетям к потребителям.

Забор воды осуществляется с реки «Туимка» (состав, схож с составом реки Кан).

### **3 Оборудование котельной**

В данной работе рассматривается условный поселок, с тепловой нагрузкой максимально приближенной к нагрузке теплопотребления реального ПГТ, находящегося на территории автономной республики Хакасия.

На основании данных полученных при расчетах (гидравлическом, тепловой схемы, температурного графика и т.д.) на данной котельной, имеется следующее оборудование.

Максимальная тепловая нагрузка водогрейных котлов, необходимая для покрытия нагрузки на теплопотребление составляет 31,256 МВт.

На котельной работают два котла КЕВ-25-14-115(150) с производительностью тепла 17,4 МВт каждый. Они предназначены для получения горячей воды, расходуемой, главным образом на теплофикационные нужды.

Котел КЕВ-25-14 (котел твердотопливный водогрейный, слоевой) предназначен для сжигания твердого топлива в слое за исключением высокозольных, высоковлажных бурых углей, отходов углеобогащения и углей с теплотой сгорания  $Q_n < 12722$  КДж/кг, а также горючих-сланцев, торфа и других видов твердого топлива с содержанием серы  $S_{кр} > 0.2 \cdot 10^{-3}\%$  кг/ккал.

Далее, в следующем разделе данной бакалаврской работы, на рисунках 1;2;3.

Представлены чертежи котельного агрегата КЕВ-25-14-115(150), который используется в данном проекте, а так же широко используется в современной энергетической промышленности. Данный котельный агрегат относится к -универсальным, твердотопливным и предназначен для слоевого сжигания бурых и каменных углей, горючих сланцев. Он так же идеально подходит для сжигания альтернативного топлива в виде пеллет – которое я предлагаю использовать в данном проекте на летний период времени. Так как данные котельные агрегаты подходят для сжигания предлагаемого вида топлива производить их замену на какие то другие нет смысла, да и стало бы слишком экономически затратным и не выгодным. Поэтому модернизация технического характера коснется только вспомогательного и дополнительного оборудования – такого как: дутьевые вентиляторы, дымососы и шнековый транспортер.

### 3.1 Чертежи котельного агрегата КЕВ-25-14-115(150)

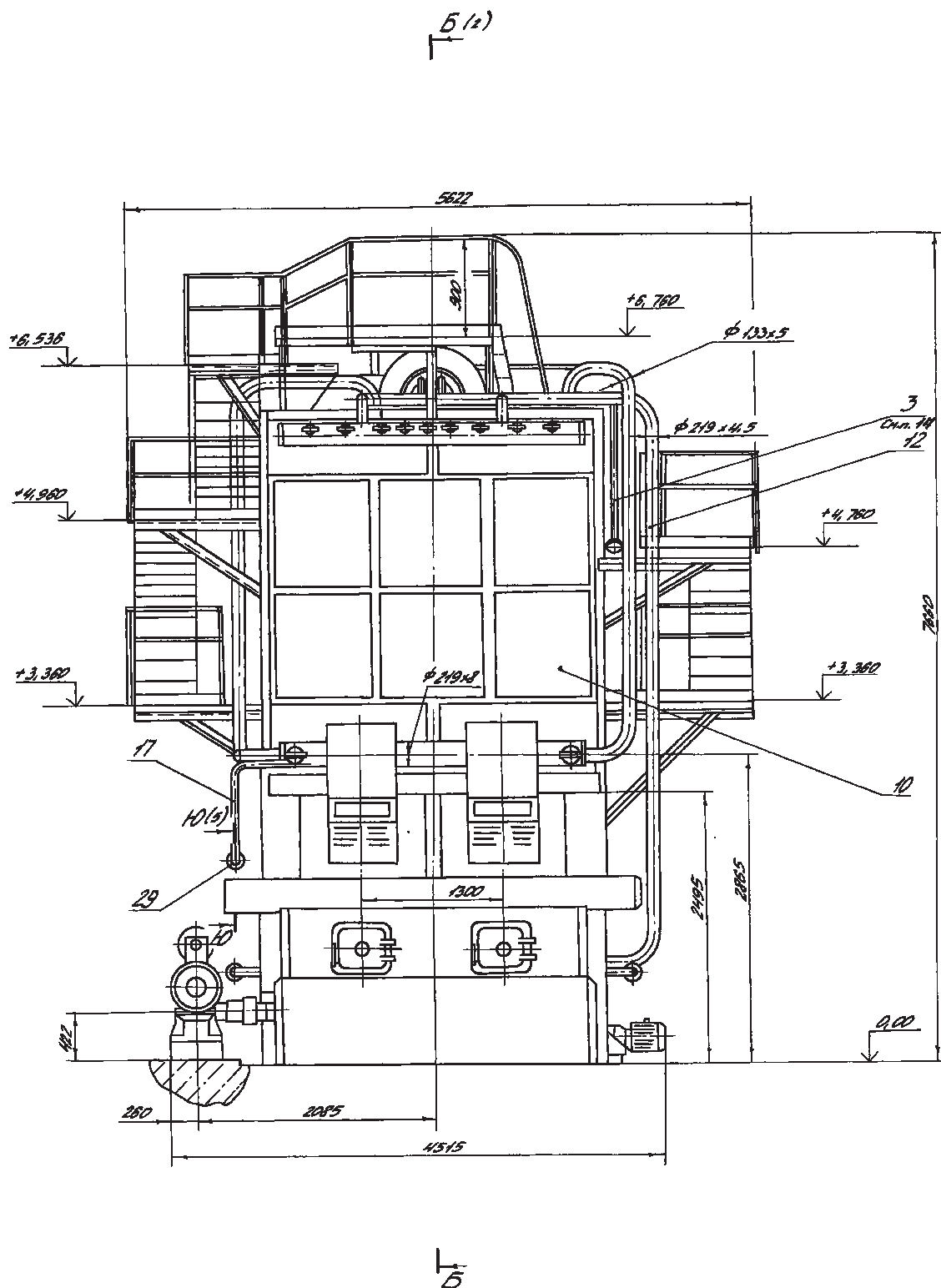


Рисунок 1 - Котельный агрегат КВЕ-25-14-115(150)

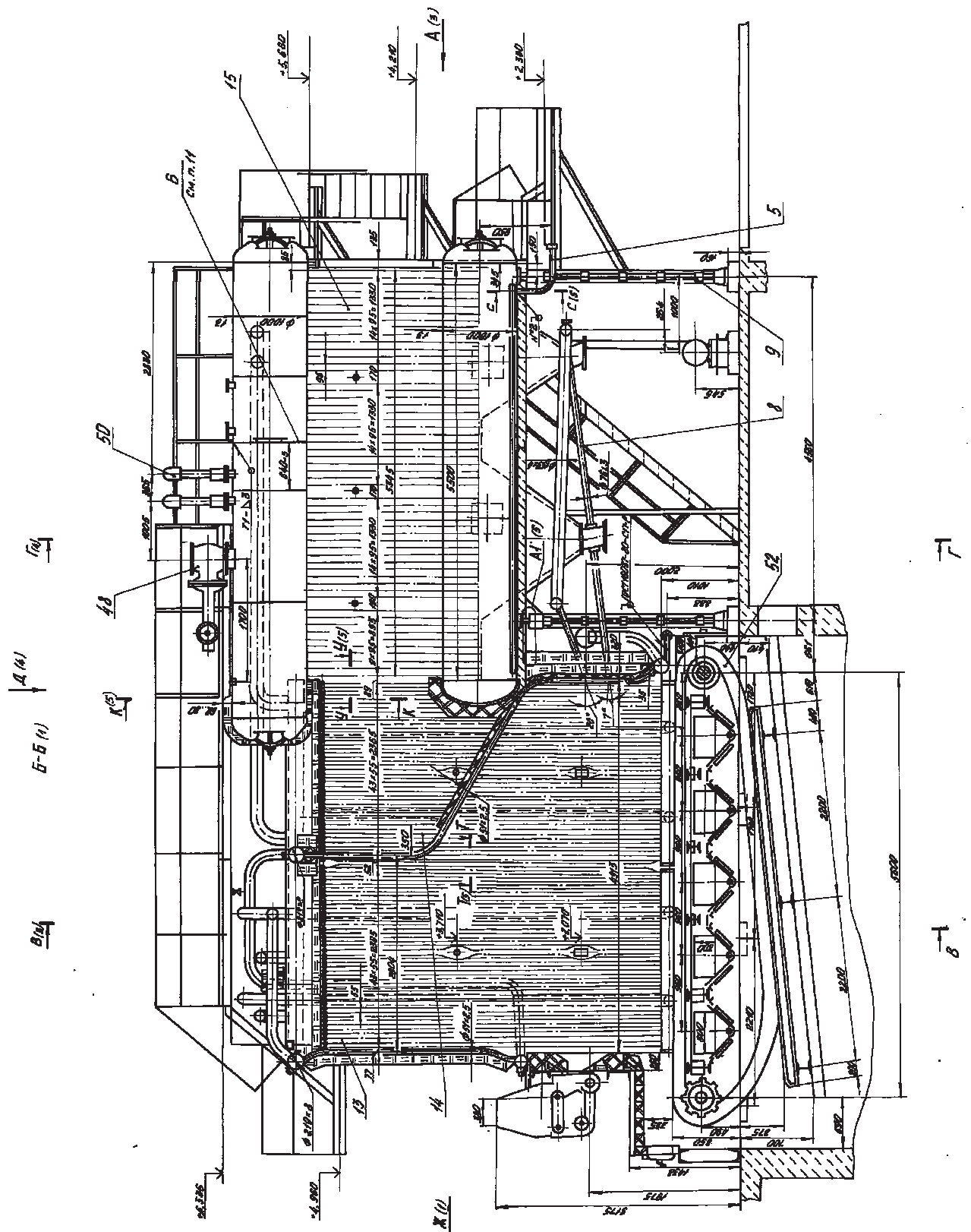
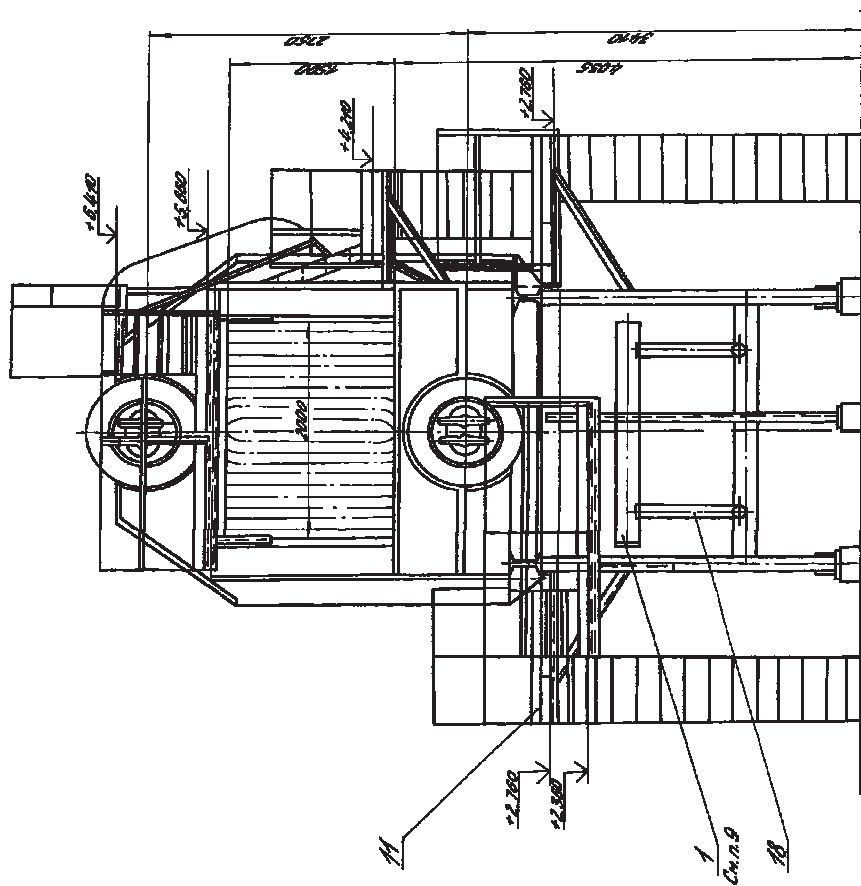


Рисунок 2 - Котельный агрегат КВЕ-25-14-115(150)

A(2)



В-В(2)

Поместы не показаны

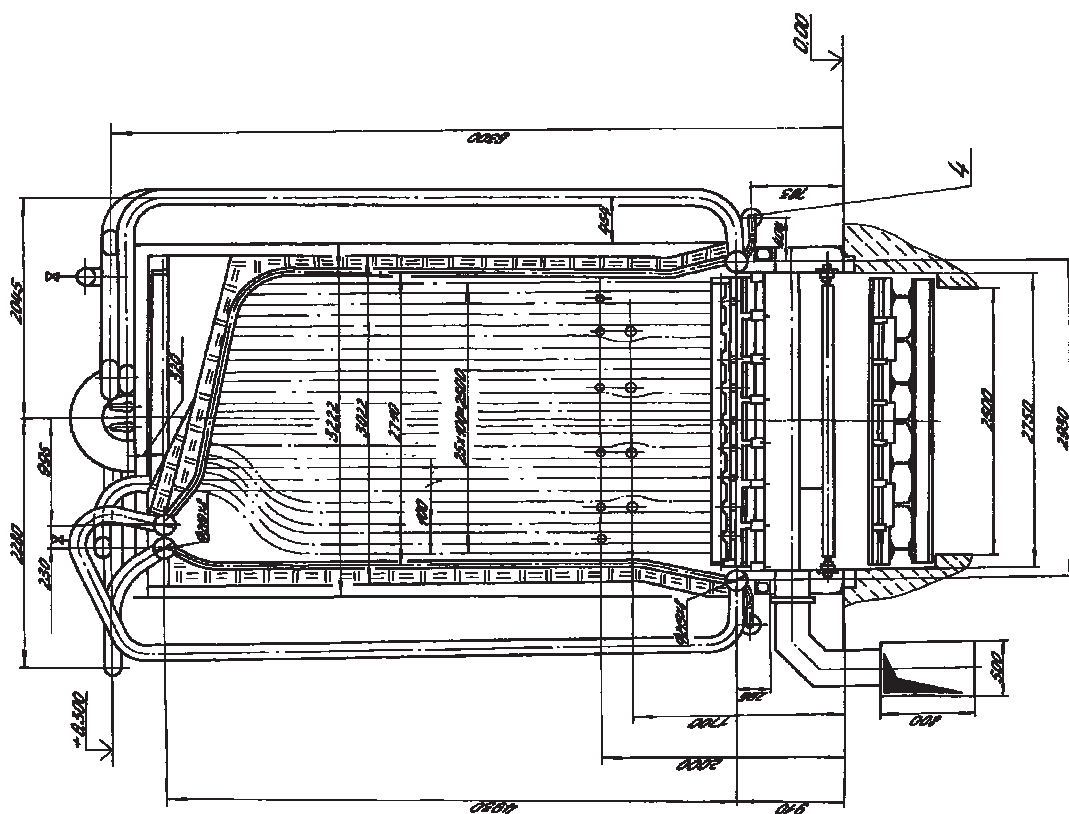


Рисунок 3 - Котельный агрегат КВЕ-25-14-115(150)

Таблица 4 - Техническая характеристика котла КЕВ-25-14-115(150)

Наименование	Ед. изм.	Величина
Тепло-производительность	МВт	17,4
Тепло-производительность	Гкал/ч	15,0
Рабочее (избыточное) давление	Мпа (кгс/см <sup>2</sup> )	1,3(13,0)
Температурный график	°С	70 - 115(150)
На выходе	°С	115(150)
Расход воды	т/ч	125
Расход топлива	т/ч	3116
Температура уходящих тазов	°С	180
Коэффициент полезного действия	%	89

### 3.2 Дополнительное оборудование котельной

На котельной находится в работе следующее оборудование:

Дымосос типа ДН-17Х-100 с производительностью на всасывании 74290 м3/ч и давлением даПа 324 . Электродвигатель А02-82-4 мощностью 36 кВт;

-для возврата уноса из котла и острого дутья, вентилятор типа 19 ис-63 с эл. двигателем Ао2-51/2, мощностью 10 кВт;

-золоуловитель блочный батарейный циклон БЦ2-4х\*(3+2);

-по одному расширителю на каждый котел. Расширитель диаметром 630 мм с полезным объемом 0,7 м3;

-вентилятор марки ВДН-12,5-100 с производительностью 19600 м3/ч и напором 482 Кгс/см<sup>2</sup>. Электродвигатель левого вращения 4А-200М4 мощностью 19 кВт; Насос сетевой типа СЭ-800-100 в количестве двух штук, один резервный;



-три насоса (один резервный) ПЭ-100-53 с подачей 100 м<sup>3</sup>/ч и напором 58 м. вод. ст. Электродвигатель 2 АЗМ1-315 мощностью 315кВт;

-два рециркуляционных насоса (1 резервный) марки НКУ-90, с подачей равной 90 м<sup>3</sup>/ч и напором 38 м. вод. ст.;

-два высоконапорных летних подпиточных насоса внутреннего контура ВК- 5/24 с подачей 8,5-18,4 м<sup>3</sup> /ч и напором Н=70/20 м. вод. ст. Электродвигателем А02-52-4, мощностью 10 кВт и частотой вращения 1500 об/мин.;

Для деаэрации подпиточной воды стоит вакуумный деаэратор конструкции ЦКГИ ДВ-200, производительность 300 т/ч. Комплексно с деаэратором установлен охладитель выпара ОВВ-16 с площадью 16м<sup>2</sup>. Он

-присоединен к деаэратору посредством сварки, исключающей подсос воздуха;

-для отсоса паровоздушной смеси из деаэратора имеются два водоструйных элеватора типа ЭВ-100 с расходом отсасываемых неконденсируемых газов равным 6.8 кг/ч;

-бак рабочей воды емкостью 6,3 м<sup>3</sup> (по аналогичным установкам);

-комплексно с водоструйными эжекторами работают два насоса рабочей воды, типа К-90/20, с подачей равной 90 м<sup>3</sup>/ч и напором 2,0, м. вод. ст. Электрический двигатель К-90/20, мощностью 7,5 кВт и частотой вращения 2900 об/мин.;

-баки аккумуляторы в количестве 2 штуки, емкостью 400 м<sup>3</sup> каждый, предназначенные для создания запасов химически очищенной воды на случай временного отключения подачи сырой воды ;

-две секции водяного подогревателя сырой воды по ОСТ 34-588-68 №20;

Все данные взяты с действующей котельной.

## **4 Удаление шлака, золы и топливоподача**

### **4.1 Удаление шлака и золы**

В системе удаления шлака и золы транспортировка золы и шлака осуществляется воздухом, побудителем которого является вакуумный насос. Шлак собирается в специальном бункере, установленный под решеткой котла.

Под шлаковым бункером устанавливается трехваловая дробилка. От дробилки измельченный шлак поступает в приемное устройство кольцевую нерегулируемую насадку, где происходит смешение шлака с воздухом перед транспортировкой в осадительную камеру. Под золоуловителем, для сбора золы, предусмотрен бункер. Зола из бункера поступает в регулируемую насадку, которая применяется в случае необходимости дозирования и изменения производительности.

Смесь золы и шлака вместе с воздухом поступает в осадительную камеру диаметром 2600 мм. В осадительной камере происходит отделение основной массы золы и шлака от воздуха. Запыленный воздух проходит двухступенчатую очистку в циклонах-пылеуловителях. Очищенный воздух направляется в вакуум-насосы. Зола и шлак собираются в железобетонном бункере, опорожнение которого осуществляется при помощи шнека со смачивающим устройством во избежание пыления при выгрузке.

Осадительная камера и сборники пыли отделяются от сборного бункера золы и шлака мигалками. Вывоз золы и шлака предусмотрены автомашинами. Производительность пневматического удаления шлака и золы 3060 кг/ч при расчетном часовом выходе шлака и золы 1245 кг/ч.

Достоинством пневматического удаления шлака и золы является:

- возможность прокладки трубопроводов по любым трассам;
- возможность транспортировки шлака и золы в сухом виде, что бывает необходимо в строительстве и сельском хозяйстве;

-обеспечение легкого забора золы из боровов газоходов, из которых удаление другими способами сопряжено с трудностями.

Шлака - проводы подвергаются сильному эрозийному износу, особенно в местах их поворотов. Поэтому в местах поворотов наплавляют металл с внешней стороны.

Существенным недостатком пневматической системы удаления шлака и золы является невозможность транспортировки на большие расстояния золы и шлака, в связи с чем возникает потребность в побочных средствах транспортировки. Система пневматического удаления шлака и золы оборудована приборами для измерения:

- вакуума в воздухопроводе между соединительной камерой и вакуумной установкой;
- вакуума на входе в шлаковую дробилку после запорной арматуры;
- вакуума на выходе из вакуумной установки до запорной арматуры;
- расход воздуха между циклоном осадителем и вакуумной установкой.

## **4.2 Оборудование для удаления золы и шлака**

К каждому котлу предусмотрены:

-дробилка шлаковая трех валковая марки ДИЗ-2х250х320 производительность  $Q=15$  т/ч с электрическим двигателем А02-72-85/4 мощностью от 5 До 7 кВт

-вакуум-насос РМК-4 производительностью  $Q=20$  м<sup>3</sup>/ч с электродвигателем АЗ-32155-8 мощностью до 90 кВт.

## **4.3 Подача топлива**

Система механизированной топливоподачи состоит из следующих узлов:

1 Железнодорожного бункера, приемного устройства

2 Открытого расходного склада угля

3 Дробильного устройства

4 Двух ленточных конвейеров (для осуществления подачи топлива).

Разгрузка производится в двух бункерах, из которых уголь подается на ленточный конвейер №1 (В-800мм) тракта топливоподачи двумя питаниями пластинчатым и качающимся. Их производительность, в зависимости от выбранного режима работы, должна быть отрегулирована на величину - не превышающую 125 т/ч.

На территории котельной предусмотрен открытый расходный склад, рассчитанный на хранение двухнедельного запаса угля при максимальном его расходе. Загрузка склада производится путем сбора угля с ленточного конвейера №1 в промежуточный штабель. Для подачи угля в промежуточный штабель, ленточный конвейер №1 оборудован пятью двухсторонними плужковыми сбрасывателями частичного сброса, размещенные на участке конвейера с углом 10°. Управление плужковыми сбрасывателями местное, ручное.

Конструкция плужкового сбрасывателя предусматривает частичный, 60-70% сброс материала, что позволяет одновременно с разгрузкой угля на склад производить его подачу в дробильное устройство и дальше в бункеры над котлами.

Подача угля со склада в траки топливоподачи осуществляется погружным бульдозером.

Дробильное устройство оборудовано валково-зубчатыми дробилками типа ДДЗ-4, шиберным устройством для направления потока угля на одну из дробилок на обе сразу, а также двумя, грохотами для отбора "мелочи" и подачи ее непосредственно на конвейер №2 (В=650мм) минуя дробилки. Установка шибера, для работы по одному из режимов, производится специальным червяным механизмом.

Производительность дробильного устройства составляет 60 т/ч (с учетом отбора "мелочи" в грохотах).

В тракт топливоподачи входит ленточный конвейер №2, транспортирующий уголь от дробильного устройства в бункеры над котлами. Разгрузка конвейера №2 над бункерами с помощью пяти плужковых сбрасывателей через головной барабан.

Для учета топлива поступающего в бункеры, ленточный конвейер №2 оснащен автоматическими ленточными весами типа ПТМ.

## **5 Химическая очистка и подготовка питательной воды для котла**

### **5.1 Нормы качества воды**

Для обеспечения надежной, долговечной и безаварийной работы системы теплоснабжения необходима качественная подготовка питательной воды. Питательная вода теплосетей не должна вызвать образование накипи и шлака-выделения в подогревателях, трубопроводах и местных системах, а также коррозию металла. Питательная вода должна, согласно требованиям санитарного надзора, соответствовать по всем показателям, в том числе по цвету и запаху питьевой воды (ГОСТ 2874-73 "Вода питьевая").

Питательная вода подводимая по тепловым сетям к котельным агрегатам должна удовлетворять следующим требованиям и нормам:

- содержание кислорода не более 0,05 мг/л;

- при наличии в системе теплоснабжения пиковых водогрейных котлов остаточная карбонатная жесткость должна быть не более 400 мг-экв/л при нулевом содержании свободной углекислоты. Необходимость воды в

системах с пиковыми водогрейными котлами объясняется более высокой температурой поверхности нагрева котлов по сравнению с пароводяными подогревателями.

Исходная вода поступает из условной реки «Туимка» (сходны с показателями реки Кан), с общей жесткостью 3,3 мг-экв/л. Используется натрий-катионирование с подачей химически обработанной воды в деаэратор подпитки.

## **5.2 Оборудование химической водоочистки на котельной**

На котельной находится в работе следующее оборудование по химической очистке воды:

- шесть осветительных фильтров ТКЗ 0-2,6 с диаметром 2600 мм.
- три натрий - катионных фильтра ТКЗ-М-2 с диаметром фильтра 2000 мм. Один резервный.

## **6 Охрана окружающей среды**

Проблема окружающей среды и рационального использования природных ресурсов является одной из актуальных на современном этапе развития общества, на теплоснабжение народного хозяйства и населения расходуется свыше трети добываемого угля, что оказывает существенное влияние на окружающую среду и на общее состояние биосферы.

На действующей котельной, (до применения пеллет) используется бурый уголь Ирша - Бородинского разреза.

При сжигании Твердого топлива наряду с окислами основных горючих элементов углерода и водорода, в атмосферу поступает летучая зола с частицами не догоревшего топлива, сернистый и серный, окислы азота, некоторое количество фтористых соединений, а так же газообразные продукты неполного сгорания топлива.

Предотвращения загрязнений атмосферы достигается путем:

- очисткой всего объема продуктов сгорания твердого топлива в высокоэффективных золоуловителях, такие как батарейные циклоны, КПД которых составляет 80% (зола);

-правильного выбора технологии сжигания топлива, т.е. уменьшаем максимальных температур в топке, уменьшением концентрации  $O_2$  в зоне регулирования за счет присосов воздуха и сокращения времени пребывания газов в зоне высоких температур (окислы азота);

-облагораживания и переработки топлива, очистка газов абсорбцией (окислы серы);

-использование высоких дымовых труб, позволяющих увеличивать рассеивание вредных выбросов и тем самым снизить концентрацию.

## **7 Расчет расхода топлива, объема теоретического количества воздуха и продуктов сгорания, при сжигании бурого угля**

Исходные данные

Топливо: Черногорский уголь;

Состав топлива:

$W_p = 33\%$

$A_p = 6,0\%$

$S_k = 0,2\%$

$S_{op} = 0,2\%$

$C_p = 43,7\%$

$H_p = 3\%$

$N_p = 4,6\%$

$O_p = 13,5$

Низшая теплота сгорания:  $Q_H = 15,67$  МДж/кг.

Для всей Котельной находим расход топлива, (кг/ч):

$$B^p = \frac{N \cdot Q_{BK}}{\eta_{ка} \cdot Q_H^p}, \quad (6.1)$$

$$B^p = \frac{11.63 \cdot 3 \cdot 3600}{0.809 \cdot 15.67} = 2597,$$

где  $Q_H^p$  - низшая теплота сгорания 1 кг твердого топлива, МДж/кг; ...

$N$  - число котлоагрегатов, шт;

$\eta_{ка}$  - коэффициент полезного действия котлоагрегата брутто; .

$Q_{BK}$  - полное количество полезно использованного тепла, МДж.

Определяем теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг твердого топлива, м<sup>3</sup>/кг:

$$V_0 = \frac{V_{O_2}^0}{0.21} = 0.89(C^p + 0.375S_{OP+K}^p) + 0.265H^p - 0.0333O^p, \quad (6.2)$$

Объем трехатомных сухих газов в сумме с теоретическим объемом азота и водяного пара, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>:

$$V_0^r = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0, \quad (6.3)$$

$$V_0^r = 0.817 + 3.304 + 0.809 = 4.93,$$

$$V_{RO_2} = V_{CO_2} + V_{SO_2} = \frac{1.866}{100}(C^p + 0.375 \cdot S_{OP+K}^p), \quad (6.4)$$

$$V_{RO_2} = \frac{1.866}{100}(43.7 + 0.375 \cdot 0.2) = 0.817,$$

$$V_{N_2}^0 = 0.79 \cdot V_0 + 0.8 \cdot \frac{N^p}{100}, \quad (6.5)$$

$$V_{N_2}^0 = 0.79 \cdot 4.177 + 0.8 \cdot \frac{0.6}{100} = 3.304,$$



$$V_{H_2O}^0 = 0.111 \cdot H^P + 0.0124 \cdot W^P + 0.0161 \cdot V^0, \quad (6.6)$$

$$V_{H_2O}^0 = 0.111 \cdot 3 + 0.0124 \cdot 33 + 0.0161 \cdot 4.177 = 0.809.$$

Температурная поправка на увеличения объема дымовых газов при условиях отличных от нормальных:

$$\Theta = \frac{t_{yx,\Gamma} + 273}{273}, \quad (6.7)$$

$$\Theta = \frac{180 + 273}{273} = 1.65,$$

где  $t_{yx,\Gamma}$  – температура уходящих газов, °С.

Определим коэффициент избытка воздуха на выходе из дымовой трубы:

$$\alpha_{\Gamma p} = \alpha_{\Gamma} + \alpha_1 + \alpha_2, \quad (6.8)$$

$$\alpha_{\Gamma p} = 1,35 + 0.01 + 0.05 = 1.41,$$

где  $\alpha_{\Gamma p}$  – коэффициент избытка воздуха в топочной камере, [17];

$\alpha_1$   $\alpha_2$ - коэффициент избытка воздуха по газоходам, [17];

Полный объем продуктов сгорания с учетом коэффициента избытка воздуха, м<sup>3</sup>/кг:

$$V_{\Gamma} = B^P \cdot [V_{\Gamma}^0 + 1.016 \cdot V_o \cdot (\alpha_{\Gamma p} - 1)] \cdot \Theta, \quad (6.9)$$

$$V_{\Gamma} = 9.350 \cdot [4.931 + 1.016 \cdot 4.177 \cdot (1.41 - 1)] \cdot 1.65 = 96.679,$$

Удельный объем продуктов сгорания с учетом коэффициента избытка воздуха, м<sup>3</sup>/кг:

$$V_{\Gamma}^{\text{уд}} = V_{\text{O}}^{\Gamma} + (\alpha_{\text{тр}} - 1) \cdot V_{\text{O}}, \quad (6.10)$$

$$V_{\Gamma}^{\text{уд}} = 4.93 + (1.41 - 1) \cdot 4.238 = 6.667.$$

### 7.1 Расчет выбросов вредных веществ

Определяем массовый выброс летучей золы, г/с:

$$M_{\text{ТВ}} = 0.01B^{\text{P}} \cdot \alpha_{\text{УН}}(A^{\text{P}} + q_4 \frac{Q_{\text{H}}^{\text{P}}}{32.680}) \cdot (1 - \eta_3), \quad (6.11)$$

$$M_{\text{ТВ}} = 0.012 \cdot 2597 \cdot 0.25 \cdot \left(6 + 0.5 \cdot \frac{15.670}{32.680}\right) \cdot (1 - 0.8) = 8.414,$$

где  $\alpha_{\text{УН}}$  – доля золы топлива уносимая газами, [6];

$\eta_3$  – доля твердых частиц улавливаемых в золоуловителе, [6];

$q_4$  – потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива, [6];

Концентрация выбросов частиц золы,  $\frac{\text{г}}{\text{м}^3}$ :

$$C_{\text{ТВ}} = \frac{M_{\text{ТВ}}}{V_{\Gamma}}, \quad (6.12)$$

$$C_{\text{ТВ}} = \frac{8.414 \cdot 3600}{96679} = 0.313.$$

Массовый выброс оксидов серы SO<sub>2</sub> и SO<sub>3</sub> в пересчете на SO<sub>2</sub>

Определяем количество оксидов серы в пересчете на  $SO_2$ , г/с:

$$M_{SO_2} = 0.02 \cdot B \cdot S^P \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}), \quad (6.13)$$

$$M_{SO_2} = 0.02 \cdot 2597 \cdot 0.2 \cdot (1 - 0.2) \cdot (1 - 0) = 8.31,$$

где  $\eta'_{SO_2}$  - доля оксидов серы, связываемых в газовом тракте котла за счет реакций протекающих в минеральной части топлив, [6];

$\eta''_{SO_2}$  - доля оксидов серы, улавливаемых в золоуловителе. Она является функцией приведенной сернистости топлива, [6].

Концентрация выбросов оксидов серы, г/м<sup>3</sup>:

$$C_{SO_2} = \frac{M_{SO_2}}{V_r}, \quad (6.14)$$

$$C_{SO_2} = \frac{8,31 \cdot 3600}{96679} = 0.31.$$

Массовый выброс окислов азота в пересчете на  $NO_2$

Определяем коэффициент  $K$ , характеризующий выход оксидов азота:

$$K = \frac{25 \cdot Q_{\Phi}}{200 + Q}, \quad (6.15)$$

$$K = \frac{25 \cdot 11.63}{200 + 11.63} = 0.919,$$

где  $Q_{\Phi}$  и  $Q$  - фактическая и номинальная тепловая мощность котла соответственно, МВт.

Определяем количество окислов азота в пересчете на АЮ2, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котельных установок, г/с:

$$M_{\text{NO}_2} = 0.34 \cdot 10^{-7} \cdot K \cdot B \cdot Q^P \cdot \left(1 - \frac{Q_4}{100}\right) \cdot (1 - \varepsilon_1 \cdot r) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \varepsilon_2, (6.16)$$

$$M_{\text{NO}_2} = 0.34 \cdot 10^{-7} \cdot 0,919 \cdot 2597 \cdot 15670 \cdot \left(1 - \frac{0,5}{100}\right) \cdot (1 - 0,01 \cdot 30) \cdot 0,648 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,341,$$

где  $\varepsilon_1$  – коэффициент, характеризующий эффективность рециркуляции газов в зависимости от условий подачи их в топку, %[6];

$\varepsilon_2$  – коэффициент, характеризующий снижение выбросов оксидов азота, %[6];

$r$  – степень рециркуляции дымовых газов, %[6];

$\beta_1$  – коэффициент, учитывающий влияние на выход оксидов азота в качестве сжигаемого топлива, %[6];

$\beta_2$  – коэффициент, учитывающий конструкцию горелок, %[6];

$\beta_3$  – коэффициент, учитывающий вид шлакоудаления, %[6];

Концентрация выбросов оксидов азота, кг/м<sup>3</sup>:

$$C_{\text{NO}_2} = \frac{M_{\text{NO}_2}}{V_r}, \quad (6.17)$$

$$C_{\text{NO}_2} = \frac{0,341 \cdot 3600}{96679} = 0.012.$$

## 7.2 Расчет высоты дымовой трубы

Определим среднюю разность температур между газами и атмосферным

воздухом, С

$$\Delta T = t_{yг} - t_{в}, \quad (6.18)$$

$$\Delta T = 150 - 24 = 126,$$

где  $t_{в}$  – средняя температура в 13 часов наиболее жаркого месяца для места расположения выбросов С [1];

Определяем высоту дымовой трубы, м;

$$H = \sqrt{\frac{AMF_{mn}}{(ПДК - C_{\phi})} \cdot \sqrt[3]{\frac{Z}{V \cdot \Delta T}}}, \quad (6.19)$$

где  $A$  – коэффициент зависящий от температурной стратификации атмосферы;

$M$  – массовый выброс окислов азота и серы (выбирается из сравнения соотношения  $\frac{M_i \cdot F_i}{ПДК_i}$  для ингредиентов);

$\Delta T = t_{ух.г} - t_{в}$  – средняя разность температур между газами и атмосферным воздухом;

$t_{в}$  – средняя температура в 13 часов наиболее жаркого месяца для места расположения источников выброса;

$F$  – безразмерный коэффициент учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе для газообразных компонентов  $F = 1$ , для частиц золы  $F = 2$ ;

$Z$  – количество одинаковых дымовых труб;

$C_{\phi}$  – фоновая концентрация ингредиента (устанавливается органами санинспекций района);

$m$  и  $n$  — коэффициенты.

Поскольку коэффициенты  $m$  и  $n$  зависят от высоты трубы, ее определение проводится методом последовательных приближений или графоаналитическим методом.

Принимаем высоту трубы равной 25 м, при этом диаметр устья трубы составит 1,5 м.

Скорость газов на выходе из трубы, м/с:

$$v_0 = \frac{4 \cdot V_{\Gamma}}{\rho D^2 3600}, \quad (6.20)$$

$$v_0 = \frac{4 \cdot 96679}{3,14 \cdot 1,5^2 \cdot 3600} = 15,2,$$

Определяем вспомогательные коэффициенты:

$$f = \frac{10^3 \cdot \omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad (6.21)$$

$$f = \frac{10^3 \cdot 15,2^2 \cdot 1,5}{25^2 \cdot 126} = 0,34,$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}, \quad (6.22)$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,34} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,34}} = 1,04.$$

Для определения коэффициента  $n$  предварительно находим  $v_m$  по формуле:

$$v_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{v_{\Gamma} \cdot \Delta T}{H}}, \quad (6.23)$$

$$v_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{26,855 \cdot 126}{25}} = 3,34,$$

при  $v_M > 2$   $n = 1$ .

Определяем высоту дымовой трубы, м:

$$H = \sqrt{\frac{200 \cdot 20,632 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1}{0,585}} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{26,855 \cdot 126}} = 23,98.$$

Полученное значение мало отличается от ранее принятого, следовательно, принимаем высоту дымовой трубы равной 25 м.

Проверка правильности нахождения высоты трубы

Проверка правильности нахождения высоты трубы определяется из выражения:

$$C_{\max} \leq \text{ПДК}$$

где  $C_{\max}$  — максимальная приземная концентрация выбросов:

$$C_{\max} = \frac{AMF_{mn} \cdot \sqrt[3]{\frac{Z}{v \cdot \Delta T}}}{H^2},$$

$$C_{\max} = \frac{200 \cdot 20,632 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{26,855 \cdot 126}}}{25^2} = 0,457.$$

Условие выполняется, следовательно, принимаем высоту трубы 25 м.

Расход топлива в летний период:

Отопительная нагрузка составляет 235 суток в году, следовательно оставшиеся идут на ГВС в течении 115 суток. На данной котельной, чтобы покрыть эту мощность запущен в работу один котел.

Определяем расход топлива для одного котельного агрегата, (кг/с):

$$B_1^P = \frac{B^P}{N}, \quad (6.25)$$

$$B_1^P = \frac{2597}{3} = 866.$$

Расчет выбросов вредных веществ при сжигании топлива для одного котлоагрегата

На основании расчетов определили выбросы вредных веществ для одного котельного агрегата. Все полученные значения сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Выбросы вредных веществ для одного котельного агрегата

Вид выбросов	Единицы измерения, г/с
Массовый выброс летучей золы	2,805
Количество оксидов серы в пересчете на SO <sub>2</sub>	2,77
Количество оксидов азота в пересчете на NO <sub>2</sub>	0,114



### 7.3 Расчет расхода топлива, объема теоретического количества воздуха и продуктов сгорания, при сжигании пеллет

Сравнительный анализ:

Топливо: Пеллеты	Топливо: Уголь
Состав топлива:	Состав топлива:
$W_p = 10\%$	$W_p = 33\%$
$A_p = 0,8\%$	$A_p = 6\%$
$S_{op} = 0,03\%$	$S_p = 0,2\%$
$C_p = 46 \%$	$S_{op} = 0,2\%$
$H_p = 5,27\%$	$C_p = 43,7\%$
$N_p = 0,6\%$	$H_p = 3\%$
$O_p = 37,3$	$N_p = 0,6\%$
	$O_p = 13,5\%$

Низшая теплота сгорания для пеллет:  $Q_H = 20$  МДж/кг

Низшая теплота сгорания для угля:  $Q_H = 15,67$  МДж/кг

Так как в данном дипломном проекте предлагается сжигать пеллеты только в летний период то, все величины находим для одного котлоагрегата.

Определяем расход топлива, (кг/ч):

$$B^p = \frac{N \cdot Q_{BK}}{\eta_{ка} \cdot Q_H^p}, \quad (6.26)$$

$$B^p = \frac{11.63 \cdot 3 \cdot 3600}{0.828 \cdot 20} = 678,14,$$

где  $Q_H^p$  - низшая теплота сгорания 1 кг твердого топлива, МДж/кг; ...

$N$  - число котельные агрегатов, шт.

$\eta_{ка}$  - коэффициент полезного действия котлоагрегата брутто; .

$Q_{BK}$  -полное количество полезно использованного тепла, МДж.

Определяем теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг твердого топлива, м<sup>3</sup>/кг:

$$V_0 = \frac{V_{O_2}^0}{0.21} = 0.89(C^P + 0.375S_{OP+K}^P) + 0.265H^P - 0.0333O^P, \quad (6.27)$$

Объем трехатомных сухих газов в сумме с теоретическим объемом азота и водяного пара, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>:

$$V_0^r = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0, \quad (6.28)$$

$$V_0^r = 0.858 + 5.31 + 0.817 = 6.985,$$

$$V_{RO_2} = V_{CO_2} + V_{SO_2} = \frac{1.866}{100}(C^P + 0.375 \cdot S_{OP+K}^P), \quad (6.29)$$

$$V_{RO_2} = \frac{1.866}{100}(46 + 0.375 \cdot 0.03) = 0.858,$$

$$V_{N_2}^0 = 0.79 \cdot V_0 + 0.8 \cdot \frac{N^P}{100}, \quad (6.30)$$

$$V_{N_2}^0 = 0.79 \cdot 6.72 + 0.8 \cdot \frac{0.6}{100} = 5.31,$$

$$V_{H_2O}^0 = 0.111 \cdot H^P + 0.0124 \cdot W^P + 0.0161 \cdot V^0, \quad (6.31)$$

$$V_{H_2O}^0 = 0.111 \cdot 5.27 + 0.0124 \cdot 10 + 0.0161 \cdot 6.72 = 0.817.$$

Температурная поправка на увеличения объема дымовых газов при условиях отличных от нормальных:

$$\Theta = \frac{t_{yx,\Gamma} + 273}{273}, \quad (6.32)$$

$$\Theta = \frac{150 + 273}{273} = 1.55,$$

где  $t_{yx,\Gamma}$  – температура уходящих газов, °С.

Определим коэффициент избытка воздуха на выходе из дымовой трубы:

$$\alpha_{\text{тр}} = \alpha_{\text{т}} + \alpha_1 + \alpha_2, \quad (6.33)$$

$$\alpha_{\text{тр}} = 1,35 + 0,01 + 0,05 = 1,41,$$

где  $\alpha_{\text{тр}}$  – коэффициент избытка воздуха в топочной камере, [7];

$\alpha_1$   $\alpha_2$  – коэффициент избытка воздуха по газоходам, [7];

Полный объем продуктов сгорания с учетом коэффициента избытка воздуха, м<sup>3</sup>/кг:

$$V_{\Gamma} = B^P \cdot [V_{\text{O}}^{\Gamma} + 1,016 \cdot V_{\text{O}} \cdot (\alpha_{\text{тр}} - 1)] \cdot \Theta, \quad (6.34)$$

$$V_{\Gamma} = 2,258 \cdot [6,985 + 1,016 \cdot 6,72 \cdot (1,41 - 1)] \cdot 1,55 = 38,339,$$

Удельный объем продуктов сгорания с учетом коэффициента избытка воздуха, м<sup>3</sup>/кг:

$$V_{\Gamma}^{\text{уд}} = V_{\text{O}}^{\Gamma} + (\alpha_{\text{тр}} - 1) \cdot V_{\text{O}}, \quad (6.35)$$

$$V_{\Gamma}^{\text{уд}} = 6,985 + (1,41 - 1) \cdot 6,72 = 9,74.$$

## 7.4 Расчет выбросов вредных веществ

Определяем массовый выброс летучей золы, г/с:

$$M_{\text{ТВ}} = 0.01B^P \cdot \alpha_{\text{УН}}(A^P + q_4 \frac{Q_{\text{Н}}^P}{32.680}) \cdot (1 - \eta_3), \quad (6.36)$$

$$M_{\text{ТВ}} = 0.01 \cdot 678,14 \cdot 0.2 \cdot \left(0,8 + 0.05 \cdot \frac{20}{32.680}\right) \cdot (1 - 0.8) = 0.22,$$

где  $\alpha_{\text{УН}}$  – доля золы топлива уносимая газами, [21];

$\eta_3$  – доля твердых частиц улавливаемых в золоуловителе, [6];

$q_4$  – потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива, % [7];

Концентрация выбросов частиц золы,  $\frac{\text{г}}{\text{м}^3}$ :

$$C_{\text{ТВ}} = \frac{M_{\text{ТВ}}}{V_{\text{Г}}}, \quad (6.37)$$

$$C_{\text{ТВ}} = \frac{0,22 \cdot 3600}{38339} = 0.021.$$

Массовый выброс оксидов серы  $\text{SO}_2$  и  $\text{SO}_3$  в пересчете на  $\text{SO}_2$

Определяем количество оксидов серы в пересчете на  $\text{SO}_2$ , г/с:

$$M_{\text{SO}_2} = 0.02 \cdot B \cdot S^P \cdot (1 - \eta'_{\text{SO}_2}) \cdot (1 - \eta''_{\text{SO}_2}), \quad (6.38)$$

$$M_{\text{SO}_2} = 0.02 \cdot 678,14 \cdot 0.03 \cdot (1 - 0.15) \cdot (1 - 0) = 0.938,$$

где  $\eta'_{\text{SO}_2}$  - доля оксидов серы, связываемых в газовом тракте котла за счет реакций протекающих в минеральной части топлив, [6];  
 $\eta''_{\text{SO}_2}$  - доля оксидов серы, улавливаемых в золоуловителе. Она является функцией приведенной сернистости топлива, [6].

Концентрация выбросов оксидов серы, г/м<sup>3</sup>:

$$C_{\text{SO}_2} = \frac{M_{\text{SO}_2}}{V_r}, \quad (6.39)$$

$$C_{\text{SO}_2} = \frac{0,938 \cdot 3600}{38339} = 0.1.$$

Массовый выброс оксидов азота в пересчете на NO<sub>2</sub>

Определяем коэффициент К, характеризующий выход оксидов азота:

$$K = \frac{25 \cdot Q_\phi}{200 + Q}, \quad (6.40)$$

$$K = \frac{25 \cdot 11.63}{200 + 11.63} = 0.919,$$

где  $Q_\phi$  и  $Q$  - фактическая и номинальная тепловая мощность котла соответственно, МВт.

Определяем количество окислов азота в пересчете на NO<sub>2</sub>, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котельных установок, г/с:

$$M_{\text{NO}_2} = 0.34 \cdot 10^{-7} \cdot K \cdot B \cdot Q^P \cdot \left(1 - \frac{Q_4}{100}\right) \cdot (1 - \varepsilon_1 \cdot r) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \varepsilon_2, \quad (6.41)$$

$$M_{\text{NO}_2} = 0.34 \cdot 10^{-7} \cdot 0,919 \cdot 678,14 \cdot 20000 \cdot \left(1 - \frac{0,5}{100}\right) \cdot (1 - 0,01 \cdot 30) \cdot 0,46 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,99 = 0,114,$$

где  $\varepsilon_1$  – коэффициент, характеризующий эффективность рециркуляции газов в зависимости от условий подачи их в топку, %[6];

$\varepsilon_2$  – коэффициент, характеризующий снижение выбросов оксидов азота, %[6];

$\gamma$  – степень рециркуляции дымовых газов, %[6];

$\beta_1$  – коэффициент, учитывающий влияние на выход оксидов азота в качестве сжигаемого топлива, %[6];

$\beta_2$  – коэффициент, учитывающий конструкцию горелок, %[6];

$\beta_3$  – коэффициент, учитывающий вид шлакоудаления, %[6];

Концентрация выбросов оксидов азота, г/м<sup>3</sup>:

$$C_{\text{NO}_2} = \frac{M_{\text{NO}_2}}{V_r}, \quad (6.42)$$

$$C_{\text{NO}_2} = \frac{0,114 \cdot 3600}{38339} = 0.011.$$

Вывод: По результатам расчета видно, что при переходе с бурого угля на альтернативный вид топлива (пеллеты), произошло снижение выбросов золы в 12,75 раза, оксида серы в 2,95 раза, оксида азота без изменения. Экономия топлива составит 676,296 кг/ч для одного котельных агрегата.

## 8 Автоматическое регулирование процесса работы котлов

Автоматизация технологических процессов является одним из главных направлений технологического процесса и повышения производительности труда.

Надежная, экономичная и безопасная работа котельной осуществляется только при наличии теплового контроля, автоматического регулирования и управления технологическими процессами, сигнализации и защиты оборудования.

В существующей котельной все котлы работают на твердом топливе. Каждый котел КЕВ-25-14-115(150) оборудован двумя пневмомеханическими забрасывателями, цепной решеткой, дымососом, дутьевым вентилятором, вентилятором возврата уноса.

### **8.1 Тепловой контроль**

Организация теплового контроля и выбор приборов произведены в соответствии со следующими принципами:

- а) параметры, наблюдение за которыми необходимо для правильного ведения установленных режимов, измеряются показывающими приборами;
- б) параметры, изменение которых может привести к аварийному состоянию, контролируются сигнализирующими приборами;
- в) параметры, учет которых необходим для хозяйственных расчетов или анализа работы оборудования контролируются самопишущими приборами.

### **8.2 Автоматическое регулирование**

Проектом предусмотрена автоматизация основных процессов котельной. Для каждого котла предусмотрены следующие регуляторы:

- регулятор топлива, получающий импульс по температуре в трубопроводе воды, подаваемой в теплосеть;
- регулятор воздуха, получающий импульс по перепаду давления на воздухонагревателе и импульс по положению сервомотора регулятора

топлива. Регулятор воздействует на направляющий аппарат дутьевого вентилятора;

-регулятор разряжения, получающий импульс по разряжению в топке котла. Регулятор воздействует на направляющий аппарат дымососа;

-регулятор температуры, получающий импульс по температуре воды на входе и выходе из котла. Регулятор воздействует на регулирующий клапан трубопровода рециркуляции.

Для вспомогательного оборудования предусматриваются следующие регуляторы:

-регулятор расхода воды через котлы, получающий импульс по перепаду давления на коллекторах прямой и обратной сетевой воды. Регулятор воздействует на регулирующий клапан трубопровода перепуска;

-регулятор температуры химически очищенной воды, поступающей в деаэратор. Регулятор воздействует на регулирующий клапан греющей воды, подаваемой в подогреватель химически очищенной воды;

-регулятор температуры деаэрированной воды, воздействующий на регулирующий клапан трубопровода греющей воды к деаэратору;

-регулятор подпитки, поддерживающий постоянным давление обратной сетевой воды за счет изменения подачи питательной воды.

### **8.3 Тепловая защита**

Для обеспечения надежной и безопасной работы котлов в проекте предусмотрена тепловая защита, останавливающая котел при:

- а) понижение давления воды за котлом;
- б) повышение давления воды за котлом;
- в) повышение температуры воды за котлом;
- г) уменьшение расхода воды через котел.

При аварийном отключении одного из вышеуказанных параметров срабатывает соответствующее промежуточное реле, замыкаются цепи реле



останова котла и соответствующего клинкерного реле. Останов сопровождается светозвуковым сигналом.

В проекте предусмотрена технологическая сигнализация отклонения основных параметров от заданного значения.

#### **8.4 Электрощиты КИП**

Электрощит КИП состоит из щитов управления котлами и щита вспомогательного оборудования. Щит КИП устанавливают в помещении котельной на отметке 4800 м.

Вторичные приборы, регуляторы и электроаппаратура размещены на щите КИП. Управление основными электродвигателями котельной осуществляется дистанционно со щитов управления котельными-агрегатами.

Питание приборов, регуляторов и аппаратуры электроэнергией осуществляется напряжением 380/220 В.

Все металлические части приборов и средств автоматизации, щит КИП которые могут оказаться под напряжением в результате пробоя изоляции кабелей подлежат заземлению, путем присоединения к внутреннему контуру заземления котельной.

#### **9 Предлагаемые конструктивные изменения**

В данном проекте при переходе на новый вид топлива, в летний период (115 суток), предлагается изменить следующие:

- вывод в резерв первого транспортера топлива, дробилок угля и шлака;
- вывод в резерв приемного разгрузочного устройство на ж/д путях и погружного бульдозера;
- вместо ж/д доставки использовать автотранспорт;

-вместо расходного склада угля, применить специализированное склад-хранилище пеллет-силлос;

-для подачи альтернативного топлива на второй транспортер, минуя первый, использовать шнековый транспортер;

-замены части вспомогательного оборудования, а именно-дутьевого вентилятора, вентилятора острого дутья и возврата уноса, дымососа;

-замены батарейного циклона;

-использовать эстакаду для загрузки пеллет в силосы.

### **9.1 Выбор склада - хранилища для пеллет**

Как видно из расчета расхода топлива, в сутки необходимо 57,8 тонн пеллет. Предлагается к установке, для хранения топливных гранул специальный склад-силос, сваренный из стальных листов. Его объем составляет 540 м<sup>3</sup> (420 т.), следовательно - запаса топлива будет хватать почти на семь суток (на неделю).

### **9.2 Выбор дутьевого вентилятора**

На основании данных, полученных в разделе 6, рассчитываем производительность вентилятора м<sup>3</sup>/ч:

$$Q_v = 1,1 \cdot \alpha_{тр} \cdot B_p \cdot V_0 \cdot \frac{273+t_n}{273} \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right), \quad (8.1)$$

$$Q_v = 1,1 \cdot 1,41 \cdot 2441,304 \cdot 6,72 \cdot \frac{273+40}{273} \cdot \left(1 - \frac{0,05}{100}\right) = 25700,$$

Принят к установке вентилятор марки ВДН-11,2-1000 с производительностью 27650 м<sup>3</sup>/ч и напором 482 кгс/см<sup>2</sup>. Электродвигатель левого вращения 4А-200М6 мощностью 22 кВт.

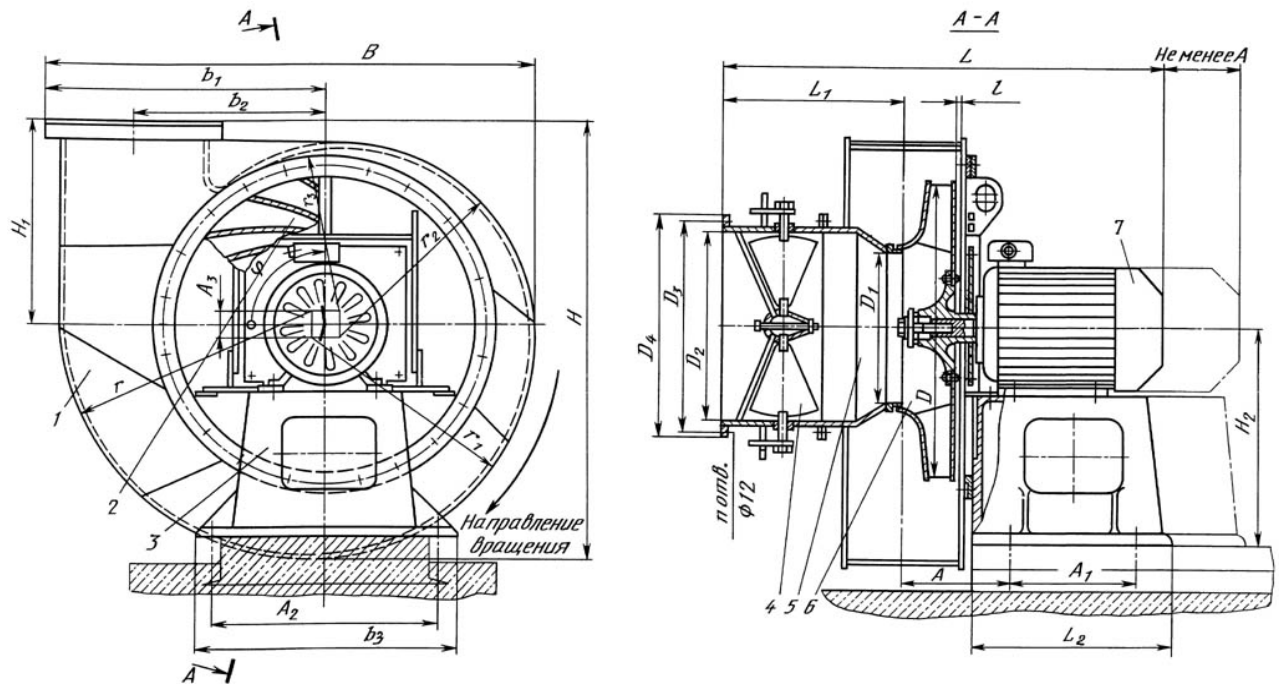


Рисунок 4 - Дутьевой вентилятор - ВДН-11,2-1000

### 9.3 Выбор дымососа

На основании данных, полученных в разделе 6, рассчитываем производительность дымососа, м<sup>3</sup>/ч:

$$Q_v = 1,1 \cdot V_p \cdot V_{\Gamma}^{уд} \cdot \frac{273 + \partial_d}{273} \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right), \quad (8.2)$$

$$Q_v = 1,1 \cdot 2441,304 \cdot 6,67 \cdot \frac{273 + 150}{273} \cdot \left(1 - \frac{0,05}{100}\right) = 72568,$$

где  $\partial_d$  – температура уходящего газа, С [7]

– удельный объем продуктов сгорания с учетом избытка воздуха,

Принят к установке дымосос типа ДН-17Х-1000 производительностью 74290 установленная мощность 160 кВт и давлением на всасывании даПа 324 Электродвигатель А02-82-6 мощностью 78 кВт. Типоразмер двигателя 5А315МВбе. Предельная температура перемещаемой среды на всасывании 200 С°. КПД max 84%.

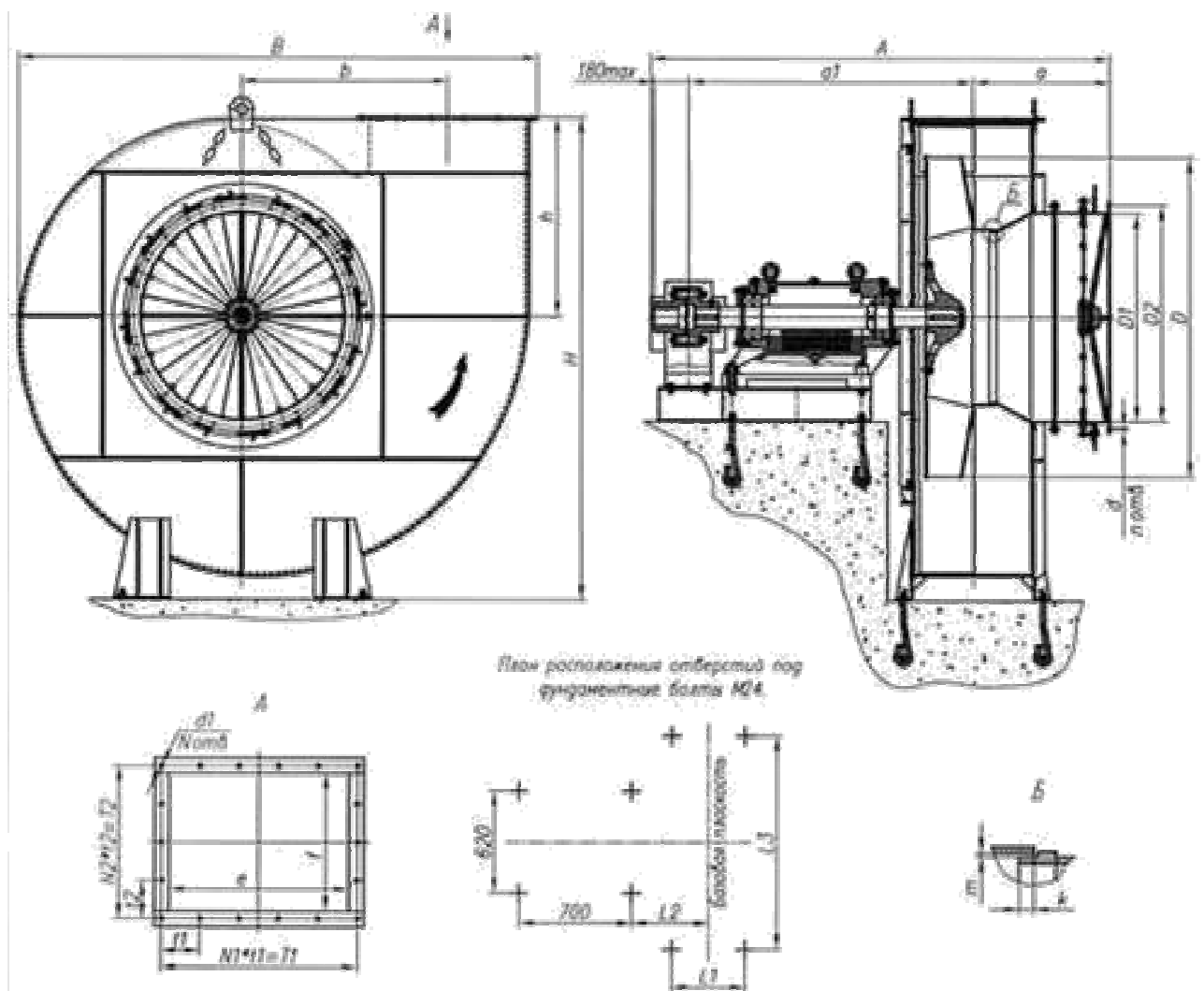


Рисунок 5 - Дымосос типа ДН-17Х-1000

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе поставлены и выполнены - следующие задачи: Определить тепловую нагрузку для отопления и теплоснабжения поселка; произвести замену твердого топлива на древесное; определить расход топлива; рассчитать основное и вспомогательное оборудование котельной; экономически обосновать предлагаемую замену.

При выполнении данной работы было выявлено следующее – что пеллетное топливо является одним из путей к созданию экологичного производства. Сырьём для пеллет служат: опилки, стружка, горбыль, некачественная древесина, кора (лесопилки просто выбрасывают сырье), а также отходы сельского хозяйства (солома, костра льна и торф). Пеллеты экологически чистый материал, так как, в отличие от угольного топлива, выделяют в атмосферу ровно столько  $\text{CO}_2$ , сколько впитало дерево во время роста. Зола - образующаяся при сжигании пеллетных гранул составляет, как правило, до 1% по массе, причем ее можно использовать как удобрение.

Всего в мире по статистике Faostat в 2013 году произведено около 21629 тыс. тонн топливных гранул, рост за год составил 9%. Интересно отметить, что производство древесных топливных гранул (пеллет) увеличилось более чем в 10 раз за последнее десятилетие, главным образом, благодаря увеличению спроса в секторе биотоплива в Европе. Так, например, по итогам 2002 году мировое производство древесных топливных гранул составило всего 2 миллиона тонн против 21,7 млн. тонн в 2013 году.

Выгодно использовать пеллеты в западной части России, которая удалена от угольных разрезов.

Низшая теплота сгорания составляет  $Q_n=20$  МДж/кг, что сопоставимо с низшей теплотой сгорания бурого угля 26-32 МДж/кг, каменного угля 32–37 МДж/кг и антрацита 34–36 МДж/кг. Поэтому пеллеты могут конкурировать с

этими видами топлива. Преимущества пеллет перед другими видами топлива следующие:

- перед газом: высокая пожаро и взрывоопасность газа, тяжелая и дорогая процедура согласования, подключения и получения лимитов;

- перед электричеством: высокая стоимость электроэнергии, практическая невозможность подключения нужной мощности;

- перед углем: сжигание угля нельзя автоматизировать, в дымовых газах очень большое содержание серы (до 100 раз больше) и оксидов азота, необходимость утилизировать шлак, количество которого достигает 40% от массы угля, низкий КПД котлов;

- перед дровами: невозможность автоматизировать сжигание дров, нужно много площади для хранения, низкий КПД котлов;

- перед мазутом: высокая стоимость, практическая невозможность применения в малых котлах, необходимость разжижения в холодное время года, до 100 раз больше содержание серы в дымовых газах.

Одним из преимуществ этого топлива является то, что при его сжигании можно использовать и твердотопливные котлы, которыми оборудованы отопительные котельные, что существенно сокращает затраты на переоборудование и перевод на новое топливо.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Биоэнергетика на основе переработки древесных отходов // Лесопромышленник. – 2008. – №45. – С. 28–29
2. Использование древесных отходов в отопительной котельной ЖКХ // Биоэнергетика. – 2009. – № 4. – С. 60–62
3. Машины и оборудование для производства древесного топлива // Лес и бизнес. – 2008. – № 3. – С. 54–58
4. ОАО «Бийский котельный завод» 2004 - 2016. <http://www.bikz.ru>
5. ОАО «Сибэнерготерм» завод 2009 – 2016. <http://www.sibenergotherm.ru>
6. ОАО ГК «Теплоконтрольмонтаж» 2001 – 2016. <http://gk-tkm.ru/>
7. Н.В. Кузнецов. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод «Энергия», М., 1973.
8. М.Б. Равич. Эффективность использования топлива. «Наука», М., 1977
9. Л.В. Деев, Н.А. Балахничев. Котельные установки и их обслуживание «Высшая школа», М., 1990
10. Л.Н. Сидельковский, В.Н. Юренев. Котельные установки промышленных предприятий «Энергоатомиздат», М., 1988
11. М.Я. Кордон, В.И. Симакин и др. «Теплотехника» 2005
12. В.Н. Нагорная «Экономика теплотехники» 2007
13. Н.Д. Рогалев «Экономика теплотехники» 2005
14. Е.А. Блинов «Топливо и теория горения», «Подготовка и сжигание топлива» 2007